

Der Gneuß - Viskosimeterflansch

Ein Fallbeispiel

1. Einleitung

Um bei der Verarbeitung von empfindlichen Kunststoffschmelzen sowohl die Produktqualität als auch die Wirtschaftlichkeit sicher zu stellen, ist die Überwachung einiger Schlüsselparameter von entscheidender Bedeutung.

Vor allem bei Kunststoffschmelzen, die aufgrund von Hydrolyse, Scherung, thermischer Belastung und/oder Oxidation abbauen, ist eine Erfassung der Schmelzeviskosität während des Produktionsprozesses sehr hilfreich.

Das hier dargestellte Fallbeispiel bezieht sich auf die Verarbeitung von PET zu Tiefziehfolie. Unter Einwirkung von hohen Temperaturen und Feuchtigkeit zerfallen in diesem Prozess die Molekülketten. Abbildung 1 zeigt den Einfluss von Feuchtigkeit auf das Molekulargewicht des Polyesters (gemessen in IV – der intrinsischen Viskosität) bei unterschiedlicher Eingangsfeuchte über einen identischen Zeitraum bei identischer Temperatur.

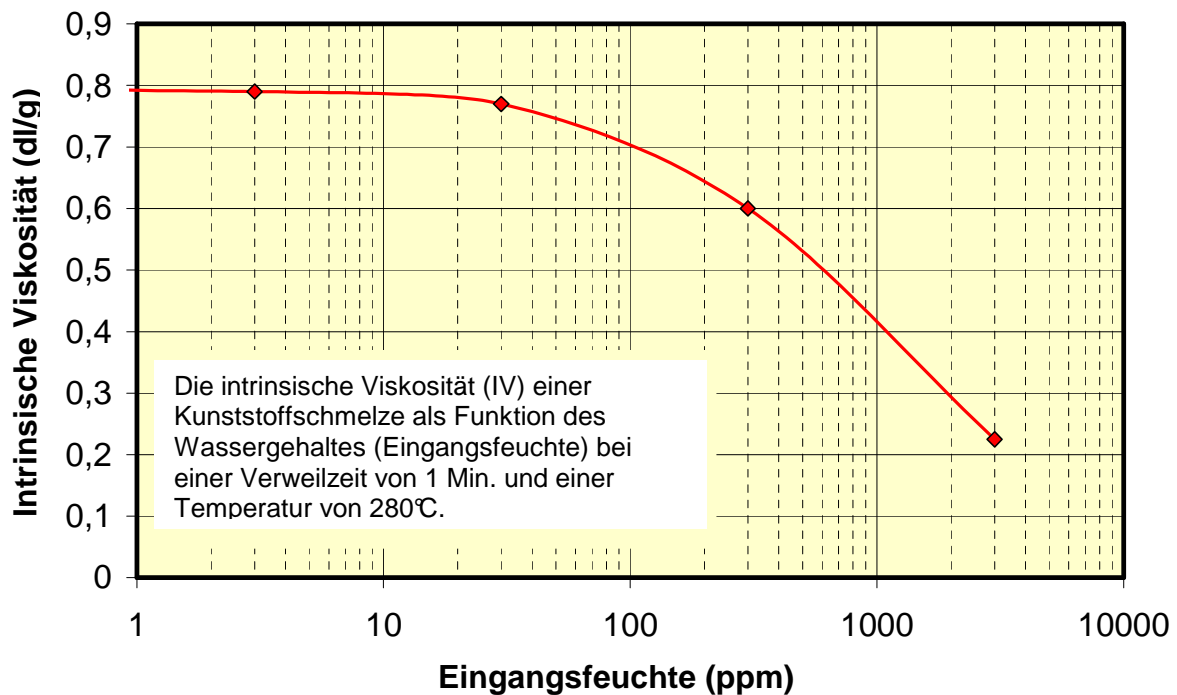


Abbildung 1: Abbau des Polyesters durch Hydrolyse – IV der Kunststoffschmelze als Funktion des Wassergehaltes (bei 280°C, Verweilzeit 1 Min.)

Die Kurve zeigt den entscheidenden Effekt der Eingangsfeuchte, bzw. der Vortrocknungseffizienz (neben Temperatur, Verweilzeit, Scherbelastung und Druck) auf die Eigenschaften der Schmelze bei der Verarbeitung von PET zu Tiefziehfolie.

Sinkt die Viskosität des Polymers, so hat dies einen beträchtlichen negativen Effekt auf die mechanischen Eigenschaften des Endproduktes. Das niedrigere Molekulargewicht führt zu einer reduzierten Reißfestigkeit. Wenn im weiteren Prozess die Folie zu tiefen, dünnwandigen Behältern geformt wird, sind eben diese dünnen Wände des Behälters sehr splitteranfällig. Ein weiteres Problem besteht in der Beibehaltung der Dickentoleranzen der Folie bei einer variierenden Schmelzeviskosität, da der Materialfluss durch die Düse aufgrund der Viskosität fluktuiert.

Wichtige Ursachen für eine variierende Eingangsfeuchte sind eine unterschiedliche Verweilzeit des Materials in den Vortrocknungsvorrichtungen, die Vortrocknungstemperatur, die Taupunkttemperatur des Trocknungsgases sowie die Auswirkungen von Sauerstoffkontakt. Selbst wenn all die genannten Faktoren stabil sind, kann der Gehalt an Restfeuchte des Eingangsmaterials variieren (zum Beispiel jahreszeitenbedingt), was sich auf die Schmelzeviskosität und das Molekulargewicht der Folie auswirken kann. Beispielsweise ist bekannt, dass ein Wechsel der Vortrockner zu Problemen führen kann.

Um die Auswirkungen von Viskositätsschwankungen so gering wie möglich zu halten, produzieren die Hersteller von PET-Tiefziehfolie normalerweise eine dickere Folie als eigentlich notwendig, wobei selbstverständlich mehr Material als nötig verwendet wird.

Durch eine Erfassung der Viskosität wird es dem Hersteller ermöglicht, Gegenmaßnahmen zu ergreifen. Messungen des Molekulargewichts oder der intrinsischen Viskosität sind normalerweise nur mit aufwendigen Laborgeräten und nicht in Echtzeit möglich.

Aufgrund dessen bietet eine einfache und zuverlässige Viskositätsmessung (möglicherweise verbunden mit der intrinsischen Viskosität) in Echtzeit dem Hersteller von PET-Folien eine Vielzahl wertvoller Möglichkeiten und Vorteile.

2. Der Gneuß Viskosimeterflansch:

Die Firma Gneuß hat einen Online-Viskosimeterflansch entwickelt, welcher eine kontinuierliche Erfassung der Schmelzeviskosität und der entsprechenden Prozessparameter ermöglicht.

Der Anspruch bei der Entwicklung des Viskosimeterflansches war es, eine kompakte Einheit zu konstruieren, die leicht nachgerüstet werden kann, ohne den Prozess negativ zu beeinflussen (d.h. ohne messbaren Anstieg der Verweilzeit), einfach zu bedienen ist, auch unter extremen Produktionsbedingungen standhält und zuverlässige Ergebnisse (nach exakter Kalibrierung) liefert. Die Genauigkeit dieser Ergebnisse muss mit den Ergebnissen einer Laboranalyse vergleichbar sein.

Typischerweise wird das Online-Viskosimeter mit zwei Flanschverbindungen – zum Beispiel zwischen einem Siebwechsler und einer Schmelzepumpe - in die Extrusionslinie eingepasst. Der Schmelzekanal kann an das vorhandene Equipment angepasst werden (ein Durchmesser zwischen 20 und 110 mm ist realisierbar – siehe Abbildung 2). Auch kann – mit einigen Einschränkungen – das Bohrbild für die Anschlüsse geändert werden, um eine möglichst kompakte Einbindung zu erzielen. Das Viskosimeter ist mit einer (Dosier-) Schmelzepumpe inklusive Antriebsmotor, Getriebe sowie den erforderlichen Druck- und Temperatursensoren ausgestattet. Zum Lieferumfang gehören darüber hinaus die entsprechende Messwarte zur Visualisierung, inklusive Hard- und Software.

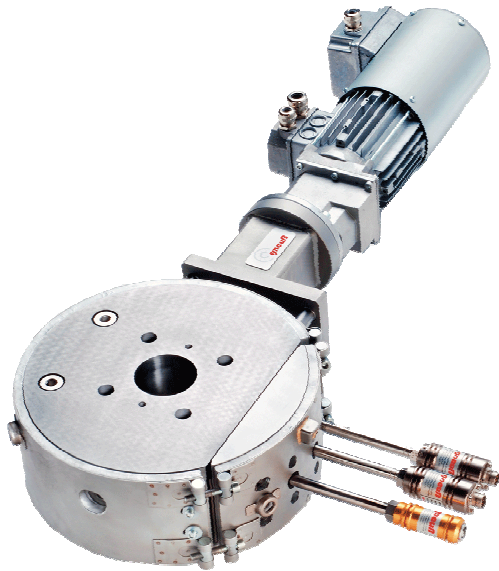


Abbildung 2: Gneuß Online-Viskosimeterflansch

3. Funktionsweise

Mit Hilfe einer hochpräzisen, fördersteifen Zahnradpumpe wird ein kleiner Teilstrom (max. 3 kg/h) der Polymerschmelze aus dem Hauptkanal abgezweigt. Dieser wird dann durch eine äußerst genau gefertigte Schlitzkapillare gedrückt. Die bei der Messung störenden Einlauf- und Auslaufdrücke bzw. elastischen Eigenschaften werden durch ausreichend lang gestaltete Ein- und Auslaufzonen in den Kapillaren zur Beruhigung und Ausbildung des laminaren Strömungsprofils ausgefiltert bzw. gar nicht erst erfasst.

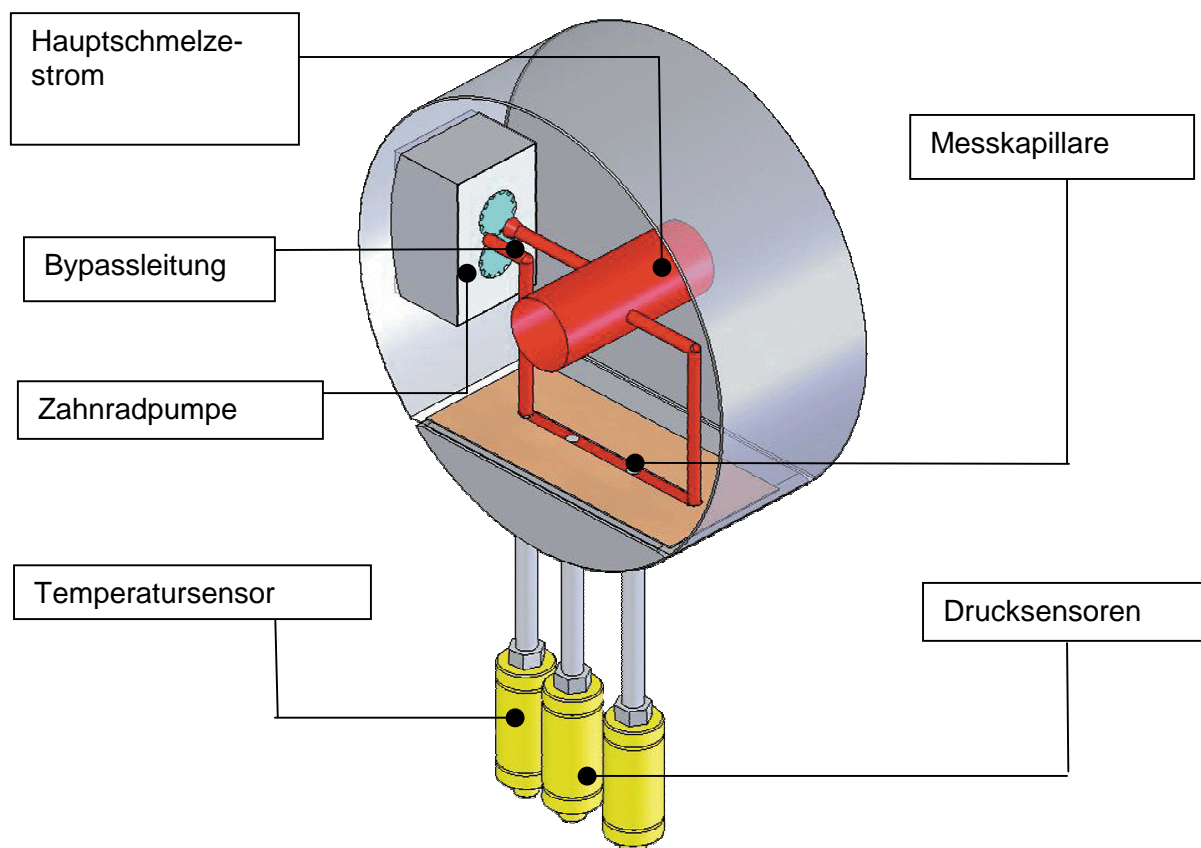


Abbildung 3: Funktionsprinzip

Auf Basis des Volumendurchsatzes durch die Kapillare, der genauen Abmessung der Kapillare und des Differenzdrucks über die Kapillare erfolgt eine Berechnung der Schergeschwindigkeit und der dynamischen Viskosität.

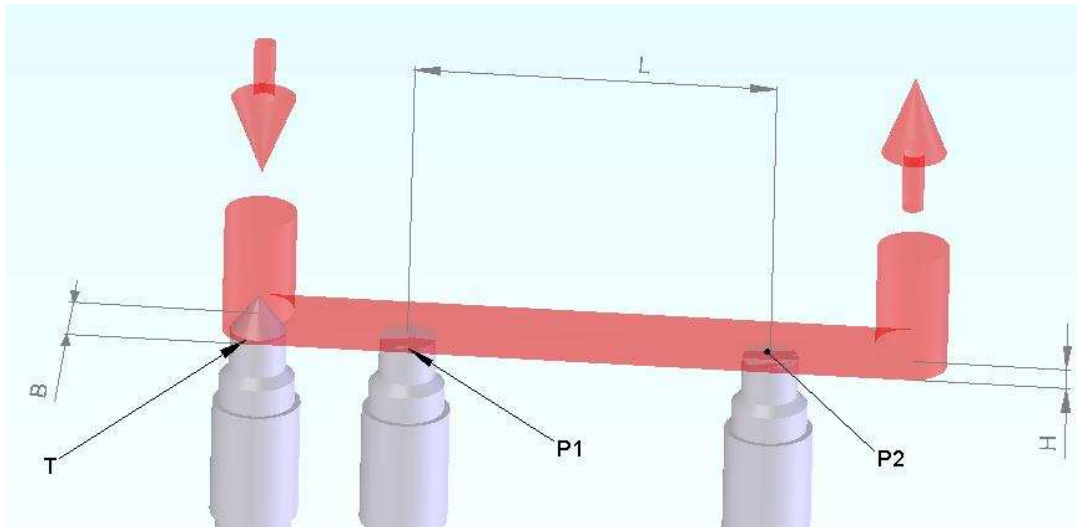


Abbildung 4: Definition der konstruktiven Größen

Konstruktive Größen:

- H Kapillarhöhe
- L Kapillarlänge
- B Kapillarbreite
- V_0 Fördervolumen der fördersteifen Zahnradpumpe

Prozessgrößen:

- N Drehfrequenz Schmelzepumpe
- Q (n) Durchsatz über Drehfrequenz der Schmelzepumpe

Messgrößen:

- P_1, P_2 Schmelzedruck in den Kapillaren
- T Schmelztemperatur

Repräsentative Schergeschwindigkeit:

$$\dot{\gamma}_{rep} = \frac{6 \cdot \sqrt{\frac{3}{5}} \cdot \pi \cdot n \cdot V_0}{B \cdot H^2}$$

Repräsentative Viskosität:

$$\eta_{rep} = \frac{(P_1 - P_2) \cdot B \cdot H^3}{12 \cdot L \cdot n \cdot V_0}$$

Der Viskosimeterflansch erfasst somit einen Wert für die repräsentative Schergeschwindigkeit und die entsprechende Viskosität. Mittels Drehfrequenzvariation der Schmelzepumpe sind verschiedene Schergeschwindigkeiten einstellbar. Somit kann ein Bezug zwischen diesen rheologischen Kenngrößen hergestellt werden. Mit einer entsprechenden Korrektur (z. B. nach Weissenberg/Rabinowitsch, Schümmer, Dodge/Metzner oder Reiner/Philipoff) lassen sich aus der

so erzeugten repräsentativen Kurve die wahren Werte für Viskosität und Schergeschwindigkeit ableiten.

Kenndaten:

Die Beheizung der Einheit kann wahlweise elektrisch oder mit Hilfe von flüssigen/dampfförmigen Medien erfolgen. Die Einstellung der Prozessparameter, die Auswertung und die Anzeige werden auf dem leicht zu bedienenden Touch-Screen-Panel vorgenommen, können aber selbstverständlich auch in die vorhandene Steuerung integriert werden.

Eine sehr einfach zu wechselnde Kapillare erlaubt die Anpassung des Messgerätes an verschiedenste Viskositäten von 1 mPas bis hin zu 20.000 Pas. Auch die nachträgliche Veränderung des Messbereiches ist möglich.

Durch die besondere Gestaltung der Schmelzkanäle und die präzise Fertigung entstehen keine Totecken oder -zonen, in denen die zum Teil scher- und temperaturempfindlichen Polymere verweilen können. Ablagerungen und Abbauprodukte entstehen grundsätzlich nicht. Die sehr geringe Verweilzeit der Schmelze im Viskosimeterflansch wirkt sich sehr positiv aus. Eine weitere Neuheit ist die Möglichkeit der kompletten Reinigung aller schmelzeberührenden Teile, ohne dabei den Produktionsprozess zu unterbrechen oder zu stören.

4. Fallbeispiel:

Im Folgenden werden kurz die Erfahrungen eines Kunden mit einem Gneuß Viskosimeter in einer A-PET Tiefziehfolienanlage dargestellt.

In diesem Fall produziert der Kunde eine Vielzahl unterschiedlicher Produkte bestehend aus unterschiedlichen Material-Mischungsverhältnissen aus Bottle Flakes (PET Flaschenmahlgut) und Neuware. Je höher der Anteil an Neuware, desto höher ist auch die Viskosität und umgekehrt.

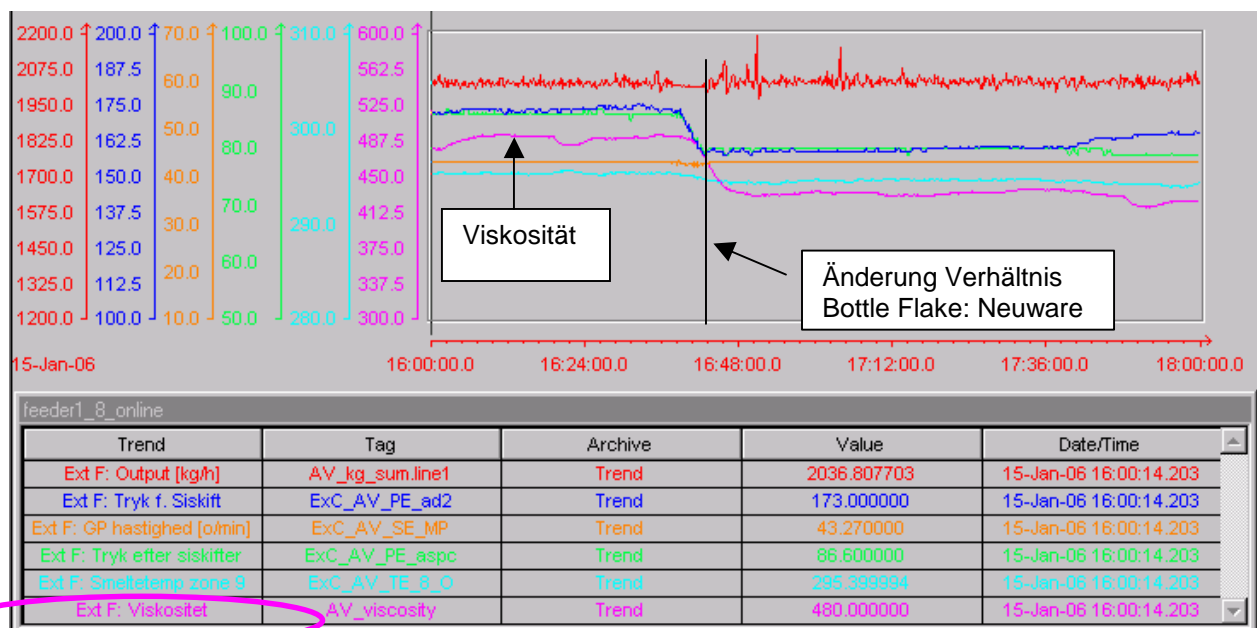


Abbildung 5: Entwicklung der Viskosität bei einer Erhöhung des Bottle Flake Anteils von 40% auf 60%.

In einigen Fällen kann ein Viskositätsabfall bei Wechsel der Vortrocknungs-Silos beobachtet werden. Dies wird normalerweise durch Feuchtigkeit, die sich auf dem Grund des Silos angesammelt hat, verursacht. Nach einigen Stunden normalisiert sich die Viskosität wieder, da der Feuchtigkeitsanteil im Silo sinkt. Darüber hinaus lassen sich auch Veränderungen in der Viskosität beobachten, wenn das Rohmaterial (Neuware) von einem anderen Hersteller bezogen wird.

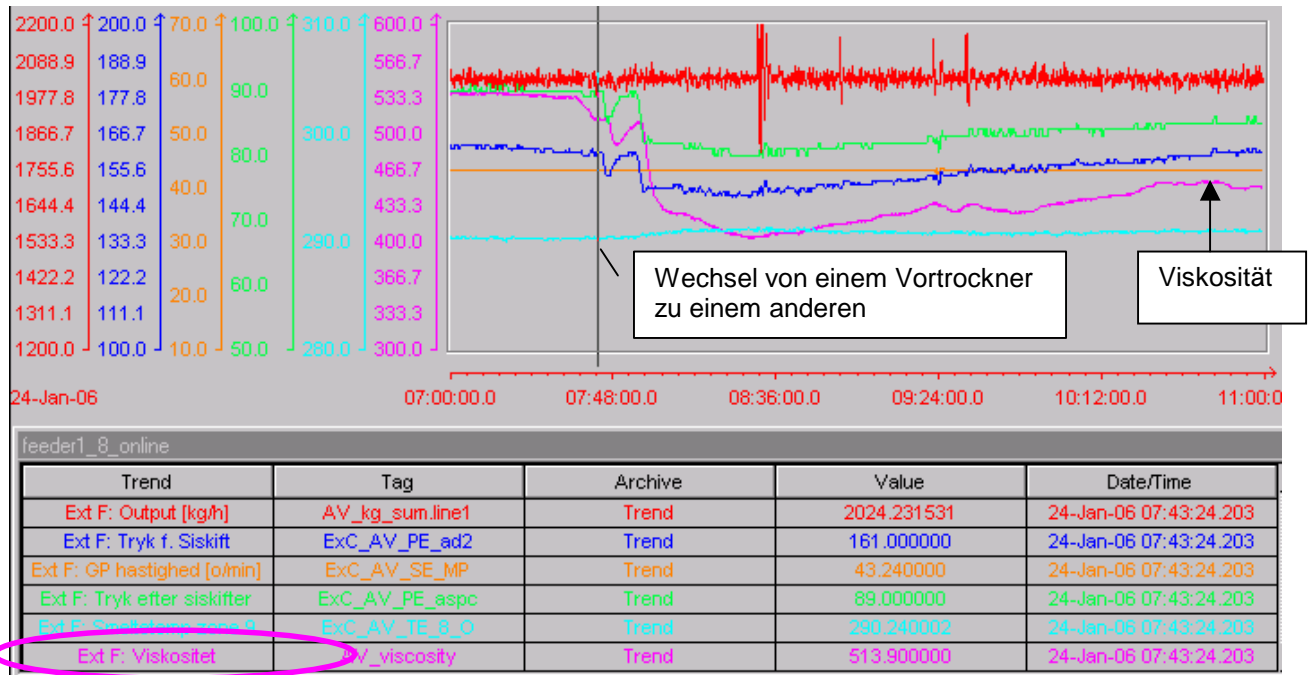


Abbildung 6: Die Viskositätsentwicklung bei Wechsel von einem Vortrockner zu einem anderen. Die Viskosität fällt und steigt nach einigen Stunden wieder auf das ursprüngliche Niveau.

Aufgrund der Möglichkeit zur Überwachung der Viskosität, war der Kunde in der Lage, Gegenmaßnahmen zu ergreifen, um den Wert innerhalb einer bestimmten Spanne zu halten. Dadurch war es möglich, die Menge an Ausschussware um 50% zu reduzieren. Darüber hinaus konnte die durchschnittliche Foliendicke um ca. 10% gesenkt werden. Die Investition in diese Technologie zahlte sich nach nur 6 Monaten bereits aus.

5. Zusammenfassung

- Die Firma Gneuß Kunststofftechnik GmbH hat ein neues Online-Viskosimeter entwickelt.
- Dieses neue Messinstrument ist extrem kompakt und besonders zur Nachrüstung in bestehenden Extrusionsanlagen geeignet.
- Die Viskositätsmessung wird in einer Bypass-Leitung ohne Schmelzeverluste durchgeführt.
- Das neue Viskosimeter ist auch für Anwendungen mit empfindlichen Materialien, wie zum Beispiel Polyester, Polycarbonat, Polyamid (Nylon) etc. geeignet und kann dort gewinnbringend eingesetzt werden.
- Die Materialzusammensetzung, die Effizienz der Vortrocknung, die Zufuhr von Additiven sowie der des Reaktionsgrades können anhand der Schmelzeviskosität problemlos überwacht werden.



Gneuss Kunststofftechnik GmbH
 Moenichusen 42
 32549 Bad Oeynhausen
 Tel.: (+49) 5731 5307 0
 Fax: (+49) 5731 5307 77
 Email: gneuss@gneuss.com
www.gneuss.com